

# Final report

## 1.1 Projektoplysninger

<b>Projekttitlel</b>	FlexGas - Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel
<b>Projektidentifikation (programforkortelse og j.nr.)</b>	EUDP 14-I, Journalnummer 64014-0123
<b>Navn på det finansierende program</b>	Teknologiområde "Energieffektivitet"
<b>Projektleder (firmanavn og -adresse)</b>	Dansk Gasteknisk Center a/s, Dr. Neergaards Vej 5B, 2970 Hørsholm
<b>Projektpartnere</b>	Neogrid, NEAS, INSERO, METRO THERM
<b>CVR</b>	12105045
<b>Ansøgningsdato</b>	04-03-2014

## 1.2 Kort beskrivelse af projektets formål og dets resultater

Projektets formål har været at udvikle, teste og demonstrere en elpatron-enhed til montering på eksisterende villainstallationer med henblik på fleksibelt energiforbrug i forhold til elsystemet.

Resultatet af test i laboratoriet og demonstration i praksis har vist, at anlæggene fungerer, og at samspillet mellem kedel, elpatron og styreboksen er som forventet og ønsket.

Det har ligeledes været et ønske at udvikle og teste en model, der kan fremme implementering i markedet. Derfor blev der opbygget en beregningsmodel, der er brugt til at simulere driftsøkonomien og dermed mulige besparelser. Der kan i bedste fald kun findes en besparelse på ca. 400 kr./år pr. installation, og det kan hverken motivere et varmeselskab eller en slutforbruger til at vælge en sådan løsning.

### ENGELSK UDGAVE AF OVENSTÅENDE

The project aimed to develop, test and demonstrate an electric heater to be fitted to existing residential gas installations as a means of providing additional flexibility to the power system.

The test results from the laboratory and field demonstration have shown that the plants are working, and that the interaction of boiler, electric heater and control box is as expected and desired.

The intention was also to develop and test a model to promote market implementation. Therefore, a calculation model was made to simulate operation economy and potential savings. At best, however, it was only possible to demonstrate savings of approx. 400 DKK/year per installation. This will motivate neither district heating companies nor end users to choose this solution.

### 1.3 Executive summary

Ideen med FlexGas-løsningen er, at i perioder, hvor der produceres meget VE-strøm (vind og solceller), og der samtidig er en lav elpris, kan elpatronløsningen gøre det muligt at erstatte gasforbrug med elforbrug til opvarmning. Ud fra en samfundsøkonomisk betragtning er det bedre at erstatte forbrug af fossilt brændsel end at stoppe vindmøller.

Denne løsning forventes at blive en vigtig del af et fremtidigt Smart Grid og kan sikre optimal udnyttelse af vindproduktion på nettet. I modsætning til andre mulige elafslag i boliger ændres forbruget af el til specielt rumopvarmning ikke mærkbart inden for kort tid. Effekten pr. installation er desuden meget større, og i modsætning til eksempelvis elvarmepumpen og elbiler er der ikke et fortsat effektbehov, når elpatronen igen afkobles elnettet.

Målet med projektet har været, at Dansk Gasteknisk Center (DGC) i samarbejde med varmtvandsbeholderproducenten METRO THERM og kommunikationseksperter Neogrid skulle udvikle systemløsninger til typiske kedelinstallationer i boliger og bedømme dem i DGC's laboratorium, hvorefter de skulle demonstreres i felten. Disse forventedes bl.a. at kunne indpasses i mange af de ca. 400.000 gasinstallationer, der nu findes i Danmark, og dermed kunne bidrage med størsteparten af et 800 MW fleksibelt elforbrugspotentiale.

I forhold til opgaven med at tilpasse, udvikle og teste FlexGas-systemløsninger skal det her fremhæves, at jævnfør de gode erfaringer med funktionstest fra laboratorietestene blev der i demonstrationsfasen fokuseret på en gennemstrømningsløsning med lille vandindhold og med shuntpumpe. Gennemstrømningsløsningen vil på sigt kunne produceres til samme pris som en traditionel varmtvandsbeholderløsning fra METRO THERM, hvor vandindholdet er på 15 liter eller større.

Som anbefalet blev den styringsmæssigt simple universalløsning, hvor elpatron-enheden placeres på returen fra varmeanlægget til kedlen valgt til fieldtestene. Herved kan den hurtige temperaturstigning altid snyde kedelstyringen til at stoppe relativt hurtigt efter opstart af elpatron-enheden, og det sker uden indgreb i kedlen. Resultatet er, at den negative betydning for kedeffectiviteten (kondensat) minimeres til et minimum, når elpatronen er i drift.

I forhold til demonstration i praksis er der gennemført funktionstests på to fieldtest-anlæg med gode resultater. Samspillet mellem elpatronløsningen og gaskedlen fungerer som forventet og ønsket. Der er dog nogle små udfordringer med at sikre optimal kommunikation mellem styreboksen og installationen.

Det har også været et ønske at bedømme potentialet for ovennævnte løsninger samt at udvikle og teste forretningsmodeller, som konceptudvikleren Insero, aggregatoren Neogrid Technologies og det balanceansvarlige elselskab Neas Energy kan anvende (både på kort sigt og lang sigt). Hertil kommer afdækning af de finansielle rammer for implementering af den tekniske løsning.

I forhold til marked, økonomi, energi og miljø ved brug af FlexGas-systemet har Neas Energy gennemført modelberegninger ud fra en række scenarier. Her er besparelspotentialet beregnet på baggrund af el- og gasprisen afregnet på markedsvilkår, og konklusionen er, at der i bedste fald kan findes en besparelse på ca. 400 kr./år pr. installation (referencehus på 130 m<sup>2</sup> med gaskedel og 2014-energipriser). Med den aktuelle prisudvikling på specielt gas er besparelsen ikke blevet bedre. Med andre ord bliver det svært selv med ændringer i afgiftssystemet at finde et marked for elpatronløsningen.

En mulighed for at øge besparelspotentialet er at anvende en pulje af elpatroner til specialregulering. I Tyskland ses allerede situationer, hvor der er behov for regulering, hvor vindmøller ellers må stoppes (omkostningen af dette i Tyskland er 90 Euro/MWh eller 0,67

kr./kWh), og fremover kan behovet øges som følge af udbygning med vindmøller både i Tyskland og Danmark.

Der er også regnet på miljø (CO<sub>2</sub>-udledningen) i de forskellige scenarier. I de scenarier, hvor elpatronen kører i få timer, er CO<sub>2</sub>-udledningen lavere end i referencescenariet. I de scenarier er marginalprisen lav, og derfor aktiveres elpatronen kun i timer med lave elpriser. Meget lave elpriser er en indikation på, at der er meget vedvarende energi i systemet, og derved er CO<sub>2</sub>-udledningen fra den samlede elproduktion lavere. I scenarie D: PSO-elkedel (se afsnit 1.5) har elpatronen en del driftstimer, hvilket resulterer i en markant større CO<sub>2</sub>-udledning end i referencescenariet. Det skyldes, at det også er timer med lavere produktion fra vedvarende energi, hvor elpatronen aktiveres.

I forhold til potentialet for implementering af det nye FlexGas-opvarmningskoncept (varmevirksomhed) rettet mod husejere med eksisterende gaskedelinstallation har Insero Energy beskrevet en forretningsmodel og gennemført analyser. Det har jævnfør Neas-beregningerne ikke været muligt at dokumentere en fordelagtig business case med FlexGas-konceptet.

Der er gennemført diskussioner i projektgruppen mht. mulige måder at finde et besparelspotentiale for FlexGas-løsningen og dermed basis for en god forretningsmodel. Resultatet af disse diskussioner peger på, at elpatron med lav energieffektivitet kunne erstattes med en næsten lige så billig luft/luft-varmepumpe, hvilket ville forbedre energiudnyttelsen med op til en faktor 4 og forventeligt give en bedre økonomi og dermed en mulig business case for en ny version af en FlexGas-løsning. Der er dog en række anderledes tekniske udfordringer herved, der ikke er adresseret inden for rammerne af nærværende projekt. Men det kunne være oplagt at arbejde videre med dette i et Flexgas II-projekt.

#### **1.4 Projektets formål**

Udgangspunktet for at opbygge et FlexGas-system var, at der hos private husstande med eksisterende gasfyr kunne installeres en lille elvarmeenhed (elpatron) i forbindelse med gaskedelinstallationens vandbårne system. Her skulle elvarmeenheden som udgangspunkt supplere rumvarmebehovet, og hvis der er fysisk plads til det på den enkelte installation, skulle den også kunne dække varmtvandsbehovet, gerne med en elvarmeenhed i varmtvandsbeholderen (akkumuleringstanken). Der var flere konfigurationsmuligheder.

Projektgruppen prioriterede at se på løsninger, hvor elvarmeenheden sidder på returen fra varmeanlægget lige før gaskedlen. Herved kan elvarmeenheden kobles ind i vinterperioderne og i overgangsperioderne, hvor der samtidig er passende rumvarmebehov. Dvs. opreguleringseffekten vil være til rådighed i perioden oktober-april.

Der blev lagt op til, at udformningen tog udgangspunkt i følgende forudsætninger:

- Installationsprisen skulle være så lav som overhovedet muligt, så der er basis for god økonomi for hhv. elselskabet, en varmevirksomhed og slutkunden.
- Ingen indgreb i gaskedlen med betydning for dennes produktgodkendelse.
- Elpatron og gaskedel skulle kunne fungere uafhængigt af hinanden.

Kommunikation og styring af elpatronen (og shuntpumpe) skulle foregå via en styreboks. Elpatronen skulle installeres på den måde, at så snart der er billig strøm til rådighed, skulle den hæve returtemperaturen til gaskedlen, så gaskedlen stopper hurtigst muligt, og elpatronen overtager rumvarmefunktionen.

Arbejdet i projektet har været organiseret i fire arbejdsplaner og gennemført som følger:

- Dansk Gasteknisk Center a/s har været projektleder og ansvarlig for arbejdsopgave 1 (WP1) vedr. tilpasning og test af systemløsninger.
- Neas Energy A/S har haft ansvar for arbejdsopgave 2 (WP2) vedr. vurdering af systemet i forhold til marked, økonomi, energibesparelse og miljø.
- Insero Energy har haft ansvar for arbejdsopgave 3 (WP3) vedr. mulige forretningsmodeller for implementering af systemet.
- Neogrid har haft ansvar for arbejdsopgave 4 (WP4) vedr. demonstration af systemet i praksis.
- METRO THERM har bidraget med komponenter, og hvis det viser sig, at markedet er modent, forventes de at bruge resultaterne i produktudvikling af en færdig FlexGas-løsning.

Undervejs i projektet har der været en løbende dialog og arbejds møder mellem parterne, og der er gennemført seks fælles møder, hvor der er gjort status i forhold til milestones og lavet aftale om aktioner.

Arbejdet har stort set fulgt den tidsplan, der var lagt op til fra start.

I forhold til Milestone 1 i projektet har laboratorietest og fieldtestene dokumenteret en elpatronløsning med tekniske specifikationer for konfiguration, opbygning, installation og drift. Alle forsøgene er afsluttet, og fieldtest-installationerne er afviklet og reetableret.

I forhold Milestone 2 og 3 er der udviklet en beregningsmodel for bestemmelse af besparelsespotentialet ved brug af elpatronløsningen på villagaskedelinstallationer, og der er fastlagt en forretningsmodel for implementering. Med baggrund i en række forskellige scenarieberegninger er mulige implementeringsmodeller afdækket, men konklusionen er, at der i bedste fald kan findes en besparelse på ca. 400 kr./år pr. installation, og det er med 2014-priser på el og gas. Siden 2014 har prisudviklingen gjort det endnu mere ugunstigt for en FlexGas-løsning med elpatron.

Set i det lys og i forhold til Milestone 4 er der således ikke økonomisk perspektiv i at bruge elpatronløsningen. En vej frem, hvis den slags fleksible løsninger skulle implementeres inden for de økonomiske rammer, der ses i dag, er også drøftet i partnergruppen. Med andre ord, hvis elpatronen kunne erstattes med en billig varmepumpe (fx luft/luft-varmepumpe), ville energiudnyttelsen blive bedre og forventeligt give en bedre økonomi og dermed en mulig business case for en ny Flexgas-løsning. Der er dog en række anderledes tekniske udfordringer herved, der ikke er adresseret inden for rammerne af nærværende projekt.

## 1.5 Projektresultater og -formidling

Følgende opgaver/arbejdsopgaver har der været fokus på i projektforsøget:

- WP1 vedr. tilpasning og test af systemløsninger
- WP2 vedr. vurdering af systemet i forhold til marked, økonomi, energibesparelse og miljø
- WP3 vedr. mulige forretningsmodeller for implementering af systemet
- WP4 vedr. demonstration af systemet i praksis.

I det følgende gives en beskrivelse af opgaverne i de enkelte arbejdsopgaver og en opsummering af resultaterne.

## ***Tilpasning og test af systemløsninger (WP1)***

Med baggrund i projektbeskrivelsen /1/ blev følgende rammer for arbejdet i WP1 indledningsvis fastlagt.

Med baggrund i et tidligere gennemført DGC-forprojekt /2/ har formålet været at klarlægge mulighederne for udvikling af en simpel elvarmeenhed til villagaskedelinstallationer. Herved kan man i en periode erstatte gasforbrug med elforbrug til opvarmning. Gasnettet kan på den måde fungere som buffer/energilagere for anvendelse af overskuds-el på elnettet.

I nærværende del af projektet har målet været at verificere, om det er muligt at etablere og med succes idriftsætte en simpel og billig elvarmeenhed (elpatron) på en typisk eksisterende gaskedelinstallation. Endvidere ønskede vi at afklare, om det er muligt at etablere en simpel kommunikation med on/off-signal fra en balanceansvarlig aktør. Det arbejde skulle foregå i DGC's laboratorium i et samarbejde mellem DGC, METRO THERM og Neogrid.

Første milepæl (M1) for projektet har været, at vi ud fra laboratorietests har fastlagt og dokumenteret flere systemløsninger.

I den forbindelse blev der opbygget en testrig i DGC's laboratorium med en typisk villagaskedel, to forskellige elpatron-prototyper fra METRO THERM /3/, /4/, kommunikationsstyreboks fra Neogrid /5/ og varmeaftag via en køletårnskreds.

Laboratorietestene har overordnet resulteret i følgende løsninger:

- Gennemstrømningssystemet (volumen 2 liter) placeret på returledningen til kedlen med anvist bestykning, opbygning og driftsstrategi fungerer efter hensigten med henholdsvis 2,5 kW, 5 kW og 7,5 kW elpatronløsning.
- Beholdersystemet (volumen 30 liter) placeret på returledningen til kedlen fungerer efter hensigten. Dog stoppes backupgaskedlen ikke så hurtigt som gennemstrømningssystemet, og hvis elpatronen er i drift i længere tid, betyder det stigende returtemperatur til gaskedlen og dermed en lavere kedelvirkningsgrad.
- Beholdersystemet (volumen 30 liter) placeret parallelt med kedlen (shunt) fungerer efter hensigten. Denne løsning kræver muligheden for et separat loop ved kedlen eller kommunikationsmulighed med gaskedlen, så denne kun er i drift, når varmebehovet overstiger elpatronens ydelse.
- Samspillet med styreboksen fra Neogrid fungerer efter hensigten i forhold til gennemstrømningssystemet. Dialogen med de enkelte danske gaskedelleverandører viser endvidere, at langt de fleste eksisterende installationer kan stoppes elektronisk og derved udelukkende fungerer som backup, så en passende fremløbstemperatur til boligens varmeanlæg sikres.

Samlet set viser funktionstestene i laboratoriet, at de forskellige FlexGas-systemløsninger fungerede efter hensigten og var egnede til demonstration i praksis.

Efter gennemførelse af arbejdsplanen WP1 var spørgsmålet fortsat, om elpatronløsningen kunne fungere i praksis sammen med en typisk eksisterende gaskedelinstallation, hvor køletårnskredsen blev erstattet med et varmeanlæg, og i givet fald hvordan den fungerede.

Se arbejdsplan WP4 for resultat af fieldtestene.

Yderligere beskrivelse af resultaterne af arbejdsplan WP1 er dokumenteret i en delrapport /6/.

### ***Vurdering af systemet i forhold til marked, økonomi, energibesparelse og miljø (WP2)***

I denne del af projektet er besparelspotentialet ved at installere en elpatron i en eksisterende villakedel analyseret. Det antages, at flere elpatroner puljes, og at den samlede kapacitet bydes ind som en enkelt enhed i Elspot, Elbas og regulerkraftmarkedet.

Der er opstillet fire alternative scenarier, hvor der analyseres to trading-strategier for hvert scenarie.

#### *Scenarier*

A. Nuværende elafgift	83,3 øre/kWh
B. Reduceret elafgift til elopvarmning i helårshuse	34,6 øre/kWh
C. Reduceret elafgift som for elkedler i fjernvarmen	21,2 øre/kWh
D. Elkedler i fjernvarmen + fritagelse af PSO	21,2 øre/kWh

#### *Trading-strategier*

1. Kapacitet fra elpatroner bydes ind i elmarkedet, som sikrer en temperatur på 21 °C, med mulighed for en stigning på 3 °C.
2. Kapacitet fra elpatroner bydes ind i elmarkedet for at opretholde en rumtemperatur på i gennemsnit 21 °C af hensyn til komforten.

For at estimere besparelsen i de fire alternative scenarier er der sammenlignet med et referencescenarie, der reflekterer den nuværende løsning med kun en gaskedel installeret. Besparelspotentialet er forskellen mellem de totale varmeomkostninger i referencescenariet og hvert af de alternative scenarier. Denne besparelse er grundlaget for at designe en forretningsmodel, for et kommercielt varmeselskab, ved at styre elpatronerne.

Der er opstillet en model, der beregner varmeomkostningen i hver time og samtidig sikrer komforten i boligen. Modellen simulerer en enkelt husholdning og besparelspotentialet i denne.

Modellen er bygget op, så den reflekterer en enkelt hustand, men som nævnt ovenfor vil det kræve en pulje af elpatroner for at opnå en vis kapacitet for at tilgå eksempelvis regulerkraftmarkedet. I modellen er der anvendt gennemsnitsværdier for husets varmekapacitet og alternativ varmetilførsel samt et areal svarende til et standardhus (130 m<sup>2</sup> er brugt).

Endvidere er følgende forudsætninger sat op for modelberegningerne:

- Intet varmt brugsvand
- Gaskedelkapacitet på 10 kW
- Gaskedelvirkningsgrad ved nedre brændværdi på 93 %
- Alle typer varmeanlæg indgår i analysen

- Nedre brændværdi i naturgas på 11 kWh/m<sup>3</sup>
- CO<sub>2</sub>-indhold i naturgas på 205 g/kWh
- Elpatronkapacitet på 5 kW
- Elpatronvirkningsgrad på 100 %
- Gaspris på 9,13 kr./m<sup>3</sup>.

Disse antagelser er gjort for at tage højde for forskellige hustyper i puljen.

De alternative scenarier er defineret ud fra de forskellige afgiftssatser på strøm til opvarmning via elpatron. På baggrund af de faste udgifter til el, gaspris og virkningsgrader beregnes en marginalpris for elpatronen, som reflekterer kippunktet mellem elpatron og gaskedel. Des højere marginalpris, des flere timer kan det forventes, at elpatronen aktiveres med en højere besparelse til følge. Afgiftssatserne i scenarierne er valgt som indikator for en stigende marginalpris for at vurdere, hvor meget der skal til for at opnå en besparelse, der kan gøre elpatronen økonomisk attraktiv.

Med de beregningsforudsætninger, der er anvendt i analysen, er det med referencehusets varmebehov på 14.652 kWh/år muligt at opnå en besparelse i størrelsesordenen af 330 kr./år.

Marginalprisen for elpatronen er på 230 kr./MWh eksklusive moms ved køb af strøm. Marginalprisen for en enhed definerer, hvad markedsprisen skal være, for at det er rentabelt at producere eller forbruge strøm. Elpatronen er en forbrugsenhed, og derfor skal markedsprisen være under marginalprisen, for at det kan betale sig at købe og forbruge strøm i forhold til at producere varmen på gaskedlen. Omvendt skal markedsprisen være over marginalprisen, for at det er rentabelt at sælge strøm.

Som det fremgår af følsomhedsanalyserne, har elpriserne stor betydning for besparelsen. I 2014 var elprisen lav, hvilket resulterer i en besparelse, der er mere end 60 % større end besparelspotentialet i 2013. En lavere elpris betyder flere timer, hvor elpatronen aktiveres, og driftstimerne i Elspot varierer i analysen fra 776 timer i 2013 til 2626 timer i 2014. Det skal dog bemærkes, at gasprisen er holdt på samme prisniveau i følsomhedsanalysen for elprisen. Som det også fremgår, vil en lavere gaspris resultere i et lavere besparelspotentiale.

Det forventes, at elpatronen skal have en del driftstimer, for at der kan skabes et forretningspotentiale for et kommercielt varmeselskab. Ved en høj marginalpris viser det sig, at det økonomisk ikke er aktuelt at byde den fulde kapacitet på elpatronen ind i markedet, da det vil resultere i, at elpatronen aktiveres og producerer mere varme end nødvendigt. Derfor vurderes strategi 2 som den foretrukne strategi.

Der er også regnet på CO<sub>2</sub>-udledningen i de forskellige scenarier. I de scenarier, hvor elpatronen kører i få timer, dvs. scenarierne B: Elvarmesats og C: Elafgift elkedel, er CO<sub>2</sub>-udledningen lavere end i referencescenariet. I de scenarier er marginalprisen lav, og derfor aktiveres elpatronen kun i timer med lave elpriser. Meget lave elpriser er en indikation på, at der er meget vedvarende energi i systemet, og derved er CO<sub>2</sub>-udledningen fra den samlede elproduktion lavere. I scenarie D: PSO-elkedel har elpatronen en del driftstimer, og det resulterer i en markant større CO<sub>2</sub>-udledning end i referencescenariet. Det skyldes, at det også er timer med lavere produktion fra vedvarende energi, hvor elpatronen aktiveres.

Konsekvensen af nuværende rammebetingelser betyder, at det ikke er aktuelt at implementere en elpatron i en gaskedelløsning i dag. Det vil derfor kræve ændrede rammebetingelser, for at varmeløsningen kan blive økonomisk attraktiv i fremtiden.

Resultaterne i WP2 er dokumenteret i detaljer i /7/ og anvendt i arbejdsplan WP3 vedr. mulige forretningsmodeller for implementering af systemet, hvor Insero Energy beskriver potentialet for at lave en forretningsmodel ved at puljestyre elpatroner.

### **Mulige forretningsmodeller for implementering af systemet (WP3)**

Denne del af projektet har haft til formål at belyse de selskabsøkonomiske aspekter ved FlexGas-konceptet.

Det er sket via et nyt forretningskoncept, hvor et kommercielt varmeselskab overtager leverancen af varme til private husejere, hvorefter varme bliver en ydelse i lighed med fjernvarme. Varmeselskabet afholder udgiften til investering og installation af elpatron i husstanden, som kobles på det eksisterende varmesystem. I perioder med lave elspot-priser eller fordelagtige regulerkraftpriser kan selskabet aktivere elpatronen og dermed spare udgifter til naturgas til opvarmning.

På baggrund af de fire scenarier og to trading-strategier (beskrevet ovenfor) samt historiske energipriser har Neas Energy kalkuleret et årligt driftsøkonomisk overskud for varmeselskabet. Delresultatet har Insero anvendt i en business case, hvori også indgår investeringsomkostninger til indkøb og installation af elpatron samt andre driftsomkostninger. Sidstnævnte er baseret på input fra METRO THERM, Neogrid og DGC. Se Tabel 1 nedenfor.

*Tabel 1 Investeringsomkostninger pr. installation (kr. ekskl. moms)*

	<b>Timepris</b>	<b>Timer</b>	<b>Pris</b>
<b>Udstyr</b>			
Elpatron / 30 L beholder			2.000
Pumpe			1.280
AVDO			640
Styreboks med ethernet/wlan tilslutning			400
Trepollet trådløst relæ til elpatron			200
Enpolet trådløst relæ til cirkulationspumpe			120
Rør, fittings, ventiler, m.m.			800
I alt			<b>5.440</b>
<b>Installation</b>			
VVS	400	5	2.000
Elektriker	400	2	800
I alt			<b>2.800</b>
<b>Markedsføring</b>			
Intern løn	400	2	<b>800</b>
<b>Total</b>			<b>9.040</b>

Det er antaget, at husejeren betaler det samme for varmen som hidtil (nu blot til varmeselskabet), men samtidig modtager en økonomisk præmie på årligt 500 kroner for at drage økonomisk fordel af FlexGas-konceptet.

Set fra varmeselskabets side og med en kalkulationsrente på 10 % og en ønsket tilbagebetalingstid på 10 år har Insero bestemt et nødvendigt årligt overskud pr. installation til 1471 kr./år.



Resultaterne af den gennemførte business case viser, at der på nuværende tidspunkt ikke er kommercielt potentiale for at implementere FlexGas-konceptet. Se Tabel 2 nedenfor.

Tabel 2 Business case med faktiske omkostninger til ren el (kr. ekskl. moms)

Scenario	A.1	A.2	B.1	B.2	C.1	C.2	D.1	D.2
<b>Driftsomkostninger</b>								
El	0	0	34	21	53	35	-1.241	-655
Elafgifter og -tariffer	0	0	-58	-28	-231	-101	-3.318	-2.064
Gas	-3.552	-3.552	-3.536	-3.544	-3.480	-3.517	-2.126	-2.518
Gasafgifter og -skatter	-6.909	-6.909	-6.878	-6.893	-6.769	-6.841	-4.136	-4.898
Balanceansvarlig aktør	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
Kundens præmie	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500	-500
Administration	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400	-400
I alt	-11.511	-11.511	-11.488	-11.494	-11.477	-11.474	-11.871	-11.185
<b>Driftsindtægter</b>								
Varmebetaling	10.461	10.461	10.461	10.461	10.461	10.461	10.461	10.461
<b>Årligt overskud</b>	<b>-1.050</b>	<b>-1.050</b>	<b>-1.027</b>	<b>-1.033</b>	<b>-1.016</b>	<b>-1.013</b>	<b>-1.410</b>	<b>-724</b>

For alle otte cases er der et negativt årligt driftsresultat, der bevirker, at startinvesteringen ikke kan finansieres. Resultatet kan forklares med, at den økonomiske besparelse ved brug af el frem for naturgas er meget beskedent og ikke modsvarer de øvrige omkostninger.

Der er gennemført yderligere beregninger for at afgøre, hvilket niveau elprisen skal reduceres til for at tilvejebringe en positiv business case for et kommercielt selskab. Her viser resultatet, at elprisen i flere tilfælde skal sænkes til et niveau, der i gennemsnit ligger under den prisbund, som NordPool Spot i dag opererer med, svarende til -3,75 kr./kWh.

På baggrund af de gennemførte beregninger, synes der p.t. ikke at være et kommercielt potentiale for FlexGas-konceptet med en elpatron. Situationen kan imidlertid ændre sig ad åre, hvilket eventuelt kan retfærdiggøre en gentagelse af denne økonomiske analyse.

Se yderligere dokumentation i delrapport /8/.

#### **Demonstration af systemet i praksis (WP 4)**

Med baggrund i resultaterne fra laboratorietestene (WP1) har det i denne del af projektet været målet at tilpasse den simple elvarmeenhed og verificere, om det er muligt at etablere og med succes idriftsætte denne på en typisk eksisterende gaskedelinstallation. Endvidere har det været et mål at afklare, om det er muligt at etablere en simpel kommunikation i praksis.

Elpatronen fra METRO THERM (med effekt på 2,5 kW) blev installeret og testet hos to forbrugere med en typisk villagaskedelinstallation. Foto af det ene ses nedenfor på Figur 1 og 2.



Figur 1 Foto af huset i Kokkedal, hvor det ene anlæg blev installeret



Figur 2 Kokkedal-installation med orange elpatronrør og styreboks (til højre)

Med udstyr fra METRO THERM og Neogrid blev anlæggene projekteret, installeret og idriftsat primo 2016 i et samarbejde mellem DGC og Neogrid. DGC udarbejdede en funktionstestplan, som Neogrid gennemførte fra februar til juni 2016, hvor de hjemtog måledata. DGC har gennemført databehandling og udført erfaringsopsamling undervejs.

Erfaringerne fra dette demoprojekt viser, at en relativt billig og simpel elpatron-enhed rent teknisk problemfrit kan integreres og tilpasses i den eksisterende villagaskedelinstallation. Resultaterne fra demoprojektet viser, at elpatronen og dens samspil med gaskedlen og husets varmeinstallation fungerer efter hensigten. Dog skal man være opmærksom på, at rørføringen skal være fornuftig og så kort som muligt, ellers fungerer de uisolerede rør som en ekstra radiator. De skal derfor isoleres ordentligt for at have styr på varmen.

Hvad installationsomkostninger angår, viste det sig, at vvs-installatøren i starten brugte en del tid på at sætte sig ind i projektet. På sigt ville vvs-installatøren kunne udføre arbejdet hurtigere: Jo flere opgaver, jo flere erfaringer man får. Derudover viste det sig, at bypass med overstrømningsventil AVDO kan spares væk, idet flowet gennem elpatronen kan sikres af flowmåler kombineret med styring. Dvs. programmet tjekker, om der er flow igennem patronen, før elpatronen tændes.

Erfaringerne peger dog på, at den anvendte styreboks med softwaren leveret af Neogrid ikke er helt moden endnu. Vi har oplevet perioder, hvor styringssignalet ikke nåede frem. I nogle tilfælde var det nok at genstarte (slukke og tænde) styreboksen; i andre tilfælde mistede man kommunikationen med styreboksen.

Se yderligere dokumentation i delrapport /9/, /5/ og hovedrapport /10/.

## **1.6 Nyttiggørelse af projektresultater**

Foreløbige projektresultater er blevet præsenteret på IGRC-konferencen i København, 2014 (IGRC-2014).

På DGF's "Gastekniske Dage" i 2015 holdt Per Dahlgaard Pedersen, Neogrid, et indlæg om projektstatus, specielt om anlægsopbygning og funktion af styreboksen.

På "Gastekniske Dage" i 2016 blev projektresultater fra arbejdspakkerne WP1-WP3 præsenteret. De foreløbige resultater fra arbejdspakke WP4 blev ligeledes præsenteret.

Specielt ønsket om at sikre optimalt samspil mellem gas- og elnettet er fortsat meget aktuelt. Der er bl.a. en relation mellem projektet og ERFA-gruppen til fremme af gashybridvarmepumper (gaskedel i kombination med elvarmepumpe). En gruppe, der blev etableret sidste år under Energistyrelsen. Målet for gruppen er at fremme implementering af hybridløsningerne, og derfor er erfaringerne fra FlexGas-projektet også formidlet her.

Det skal her bemærkes, at der allerede findes færdige løsninger på markedet, hvor gaskedlen er kombineret med en luft/vand-elvarmepumpe. De er dog langt dyrere løsninger end FlexGas med elpatron. Omvendt er de langt bedre med hensyn til energieffektivitet.

Der er også en relation mellem projektet og konferencen om "Fremme af varmepumper" afholdt hos Dansk Fjernvarme (Kolding) den 21-1-16 samt konferencen om "Avanceret energilagring 2015" den 1-12-15 hos Teknologisk Institut (Aarhus) og workshopen om "Integration af ny teknologi på systemydelsesmarkedet" hos Energinet.dk (Erritsø) den 9-11-15. Repræsentanter fra FlexGas-projektet deltog i disse.

Der er lavet et konferenceindlæg på baggrund af projektresultaterne, som nu er optaget som poster i forbindelse med International Gas Research Conference, der afholdes i Brasilien i 2017.

Der er nu lavet en Flexgas II-ansøgning med afsæt i konklusionerne i nærværende projekt. I et sådant projekt vil der være fokus på udvikling og demonstration af løsninger med fleksibelt energiforbrug, hvor gaskedlen kombineres med en luft/luft-varmepumpe. I ansøgningen indgår Neas Energy, Neogrid og DGC. Inero bakker op med en erklæring om, at deres forretningsmæssige dispositioner betyder, at de ikke kan indgå som partner i ansøgningen, men at de godt vil indgå i en projektfølgegruppe. METRO THERM har ikke luft/luft-varmepumpeløsninger, hvilket er baggrunden for, at de ikke indgår i det videre forløb. Ansøgningen behandles p.t. i ForskEL-programmet, og svar forventes ultimo 2016.

## 1.7 Konklusion og perspektivering

I forhold til arbejdsopgave 1 (WP1) vedr. tilpasning, udvikling og test af FlexGas-systemløsninger skal følgende fremhæves. Laboratorietestene konkluderede, at vi i demonstrationsfasen (WP4) skulle fokusere på funktionstest af gennemstrømningsløsning med shuntpumpe (milepæl M1). Gennemstrømningsløsningen vil på sigt kunne produceres til samme pris som en traditionel varmtvandsbeholderløsning fra METRO THERM. Størrelserne er fra 15 liter og op efter.

Anbefalet opbygning for fieldtestene blev den styringsmæssigt simple universalløsning, hvor elpatron-enheden placeres på returen fra varmeanlægget til kedlen. Herved kan den hurtige temperaturstigning altid snyde kedelstyringen til at stoppe relativt hurtigt efter opstart af elpatron-enheden, og den negative betydning for kedeffectiviteten minimeres.

I forhold til arbejdsopgave 2 (WP2) vedr. marked, økonomi, energi og miljø ved brug af FlexGas-systemet har Neas Energy gennemført en række modelberegninger og en følsomhedsanalyse. Her er besparelspotentialet beregnet på baggrund af el- og gasprisen afregnet på markedsvilkår, og konklusionen er, at der i bedste fald kan findes en besparelse på ca. 400 kr./år pr. installation (2014-priser). Med den aktuelle prisudvikling på specielt gas er besparelsen ikke blevet bedre. Med andre ord bliver det svært selv med ændringer i afgiftssystemet at finde et marked for elpatronløsningen.

Der er også regnet på miljø (CO<sub>2</sub>-udledningen) i de forskellige scenarier. I de scenarier, hvor elpatronen kører i få timer, dvs. scenarierne B: Elvarmesats og C: Elafgift elkedel, er CO<sub>2</sub>-udledningen lavere end i referencescenariet. I de scenarier er marginalprisen lav, og derfor aktiveres elpatronen kun i timer med lave elpriser. Meget lave elpriser er en indikation på, at der er meget vedvarende energi i systemet, og derved er CO<sub>2</sub>-udledningen fra den samlede elproduktion lavere. I scenarie D: PSO elkedel har elpatronen en del driftstimer, og det resulterer i en markant større CO<sub>2</sub>-udledning end i referencescenariet. Det skyldes, at det også er timer med lavere produktion fra vedvarende energi, hvor elpatronen aktiveres.

I forhold til arbejdsopgave WP3- potentialet for implementering af det nye FlexGas-opvarmningskoncept (varmevirksomhed) rettet mod husejere med eksisterende gaskedelinstallation har Inero Energy gennemført analyser og beskrevet en forretningsmodel.

For at kunne analysere FlexGas-konceptets selskabsøkonomiske forretningspotentiale er der bl.a. anvendt de gevinster på elmarkedet, som Neas Energy har fastlagt. For at opnå den største mulige gevinst antages det i projektet, at et større antal boligers elpatroner er aktive på spot-, intraday- og regulerkraftmarkedet.

Det til trods har det ikke været muligt at dokumentere en fordelagtig business case med FlexGas-konceptet.

I forhold til demonstration i praksis (arbejdsplan WP4) er der gennemført funktionstests på to fieldtest-anlæg. Ud fra de gennemførte analyser er konklusionen, at anlæggene fungerer i praksis, og at samspillet mellem kedel og elpatron er som forventet og ønsket. Der er dog fortsat nogle udfordringer med kommunikationen mellem styreboksen og installationen. Den er mangelfuld i perioder. Installationerne er nu afviklet og reetableret.

Det overordnede perspektiv med FlexGas-projektet har været at demonstrere samspillet mellem el- og gassektoren. I de timer, hvor varmen produceres på elpatronen, udsættes gasforbrug, som kan anvendes i timer, hvor produktionen fra fluktuerende produktionskilder er lavere. Herved anvendes gasinfrastrukturen som lager, hvilket netop bidrager til implementeringen af fluktuerende elproduktion. Projektet har været afgrænset til brug af elpatron i fyringssæsonen med henblik på rumvarmeforsyning. Udfordringen med også at kunne bruge elpatronen til at dække varmtvandsbehovet er fortsat relevant, så ovennævnte lagerfunktion kan være til rådighed hele året rundt. Det kan løses, men anses dog fortsat at være en større teknisk udfordring.

I arbejdet med økonomien er der fokuseret på, hvordan afgifter og tariffer har indflydelse på besparelsespotentialer ved at installere en elpatron. Der er opstillet en række alternative scenarier, der reflekterer forskellige afgiftssatser for elforbrug på elpatronen. Afgifterne i scenarierne er baseret på eksisterende afgiftssatser for varmeproducerende elforbrug, dvs. afgiftssatser for elopvarmede helårsboliger samt fjernvarmeproducerende elkedler. Scenarierne er opstillet for at belyse, hvor stort et indgreb der skal til for at opnå en reel besparelse, der kan medføre investeringer i elpatroner.

Analyserne viser, at de faste omkostninger til elforbrug skal reduceres en del for at opnå et reelt besparelsespotentiale. Det vurderes, at marginalprisen for elkedlen skal være højere end 230 kr./MWh for at opnå et reelt besparelsespotentiale.

Spørgsmålet er, om der er yderligere muligheder i elmarkederne for at øge besparelsespotentialer. I 2015 har der i højere grad været behov for en anden type regulering, nemlig specialregulering. I Nordtyskland er der en stor vindmøllekapacitet, men kapaciteten i elnettet mod syd er begrænset, hvilket i nogle timer resulterer i flaskehalseproblemer. I disse situationer beder den tyske TSO derfor Energinet.dk om at aftage strøm i Danmark. Indtil medio november 2015 har der været ca. 850 timer med specialregulering siden januar 2015. Det er de samme aktører, som har budt ind i regulerkraftmarkedet, der kan blive aktiveret ved specialregulering. Forskellen er dog, at ved aktivering af specialregulering modtages budsprisen (pay-as-bid). En pulje af elpatroner vil derfor også kunne blive aktiveret til specialregulering, hvilket kunne øge besparelsespotentialer.

Som tidligere beskrevet er der 350.000-400.000 husholdninger med en gaskedel installeret. Styringen i gaskedlerne er ikke ens, men den løsning, der er udviklet i FlexGas-projektet, forventes at passe i de fleste eksisterende gaskedelløsninger. Teoretisk set er der et potentiale for 1750-2000 MW regulerbart forbrug igennem fyringssæsonen (ved 5 kW elpatron i hver husstand). De store elkedler på kraftvarmeverkerne har bevist, at de er effektive til at håndtere fluktuerende elproduktion. FlexGas-løsningen kan bidrage yderligere ved at integrere el-, gas- og varmesektoren uden for fjernvarmeområder. Det skal dog bemærkes, at kraftvarmeverkerne har akkumuleringstanke installeret, hvilket bidrager til en øget fleksibilitet i forhold til en pulje af elpatroner, der kun vil kunne aftage strøm i forhold til varmebehovet.

Der er analyseret to trading-strategier for elpatronen, hvor den første af strategierne er at aktivere den fulde elpatronkapacitet og derved anvende bygningens masse som lager. Denne strategi anses kun at kunne anvendes i bygninger med gulvvarme, da varmeanlægget allerede er indbygget i bygningsmassen, og derved opvarmes bygningen, når der produceres varme. I radiatoropvarmede bygninger opvarmes luften, som hurtigt bliver varm, hvis fx elpatronen er aktiveret i en længere periode.

Sammenlignet med en varmepumpe er elpatronen ikke så effektiv, men den er heller ikke så investeringstung som varmepumpen. Mens elpatronen uden de store investeringsomkostninger kan implementeres i eksisterende gaskedler, så er varmepumpen især attraktiv i tilfælde af, at en varmeinstallation er udtjent og skal udskiftes. Varmepumpen kobler dog ikke el- og gassektoren ligesom FlexGas-løsningen.

I de seneste par år er der dog kommet hybridløsninger, hvor elvarmepumper eftermonteres i eksisterende gaskedelinstallationer. Varmeproduktionsomkostningen på en elvarmepumpe vil være lavere end på en kedel, da COP-faktoren på varmepumpen er højere. Det vil betyde en højere marginalpris på elvarmepumpen, flere aktiveringer og en større besparelse per aktivering sammenlignet med elkedlen. Investeringsomkostningen i en varmepumpe er dog højere, så det kræver en større besparelse for at tilbagebetale investeringen. Med en højere COP-faktor på varmepumpen kan det forventes, at den elektriske kapacitet på elvarmepumpen er lavere end på elpatronen, hvis de to løsninger skulle installeres i to helt ens boliger. Det kan derfor forventes, at det vil kræve flere hybridinstallationer med varmepumper at opnå en vis elektrisk kapacitet til puljestyling end for elpatroner. De to typer løsninger vil også kunne puljes sammen.

En pulje af elpatroner har potentiale til at bidrage med regulerbart forbrug, men det vil kræve en eller anden form for støtte, for at en implementering af elpatroner i eksisterende gaskedelløsninger skal blive økonomisk attraktiv. I den sidste ende er det et spørgsmål om, hvorvidt der er politisk vilje hertil. Som rammebetingelserne er i dag, er det i langt de fleste timer for dyrt at producere varmen på en elpatron i forhold til en gaskedel.

En tredje FlexGas-løsning – som også bygger bro mellem gas- og elnettet – er en eksisterende villagaskedelinstallation suppleret med en luft/luft-varmepumpe. Fordelen heri er den markant lavere kapitalomkostning, som derved kan muliggøre økonomisk attraktive løsninger hos forbrugeren.

Den tekniske problemstilling ved en sådan løsning er dog af en anden karakter end elpatron- og luft/vand-varmepumpeløsningerne, da varmen leveres ved to forskellige metoder. Luft/luft-varmepumpen leverer luftbåren rumvarme, og de andre løsninger leverer vandbåren rumvarme, styret ved termostatventiler, klimastyring og evt. rumføler. Det betyder bl.a., at luft/luft-varmepumpen ikke kan dække hele husets varmebehov og derfor kun kan supplere gaskedlen ved boligopvarmning i fyringssæsonen.

På baggrund af ovennævnte erfaringer giver det god mening fremadrettet at arbejde videre med en kombination af en eksisterende gaskedelinstallation suppleret med en luft/luft-varmepumpe.

Anbefalingen er således, at samarbejdspartnerne i EUDP-FlexGas-projektet fortsætter med et FlexGas II-udviklings- og demonstrationsforløb. Som nævnt i afsnit 1.6 er der også lavet en ansøgning til ForskEL-programmet, der behandles p.t.

## Annex

- /1/ EUDP 14-I "FlexGas - Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel" (j.nr. 64014-0123).
- /2/ Regulerkraft på villakedelområdet, Overskuds-el fra vindmøller til naturgaskedler, August 2011, DGC, Michael Larsen og Karsten V. Frederiksen.
- /3/ Elunit type 7000, 08:081-1109 Manual varenr. 714269999, METRO THERM.
- /4/ Elvandvarmer Type 907 30 l rør ned, METRO nummer: 119071004, VVS nummer: 345166400, 08:008 – 1206 Manual varenr. 714239999.
- /5/ Flexgas. Styling af elpatron fra styreboks, Neogrid Technologies ApS, Per D. Pedersen. Delrapport i Projekt EUDP 14-I (j.nr. 64014-0123).
- /6/ FlexGas – Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel (WP1). Systemtilpasning og laboratorietest, rapport, Februar 2016, DGC, Ianina Mofid. Delrapport i Projekt EUDP 14-I (j.nr. 64014-0123).
- /7/ Besparelspotentiale ved installation af elpatron i eksisterende villagaskedel, rapport, December 2015, NeasEnergy. Udarbejdet som en del af EUDP projektet "FlexGas – Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel".
- /8/ FlexGas som kommercielt produkt, rapport, December 2015, Insero Energy, Delrapport i Projekt EUDP 14-I (j.nr. 64014-0123).
- /9/ FlexGas – Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel (WP4). Demonstration i praksis, rapport, November 2016, DGC, Ianina Mofid. Delrapport i Projekt EUDP 14-I (j.nr. 64014-0123).
- /10/ FlexGas – Fleksibelt energiforbrug med elpatron i villagaskedel. projektrapport, November 2016, DGC, Karsten V. Frederiksen (ISBN 978-87-7795-397-2). Hovedrapport i Projekt EUDP 14-I (j.nr. 64014-0123).